



DOCTORADO EN GEOGRAFÍA

Tema

“CARACTERIZACIÓN DE LOS CAMBIOS FÍSICOS Y  
ANTRÓPICOS EN LA EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA  
CUENCA DEL RÍO DESAGUADERO”

Doctorando: Lic. Roberto Pedro Corti

Director de Tesis: Dr. Eduardo Agosta Scarel

2018



**Director de Tesis**

Dr. Eduardo Agosta Scarel

DNI 23.266.898

eduardo.agosta@gmail.com

Tel: +34 617 472 792



USAL  
UNIVERSIDAD  
DEL SALVADOR



**Doctorando**

Lic. Roberto Pedro Corti

DNI 13.079.292

robertopcorti@gmail.com

Tel: +549 11 39580716

# ÍNDICE

## MARCO TEORICO

Presentación del problema geográfico.....	8
Objetivo General de la Tesis .....	14
Objetivos Específicos .....	14
Hipótesis .....	15
Estructura de la Tesis.....	16
Fuentes del estado del arte.....	17
a.- Dimensión geomorfológica e hidrológica: .....	17
b.- Dimensión Climatológica: .....	18
c.- Dimensión Edafológica y biológica:.....	19
d.- Dimensión Antrópica:.....	19
Metodología propuesta.....	20
a.- Recopilación de cartografía histórica y actualizada. ....	20
b.- Análisis de series temporales de datos hidrológicos, atmosféricos, edafológicos, geológicos, geomorfológicos, fito-zoogeográficos. ....	20
c.- Análisis de datos económicos y censales. Imágenes satelitales multitemporales.....	20
d.- Relevamientos “in situ” .....	21
d.- Compilación de conclusiones de profesionales involucrados en el tema a través de trabajos realizados sobre temas afines al estudio de la tesis.....	21
e.- Elaboración de Sistema de Información Geográfico (SIG.) .....	21
Motivación .....	29

## PARTE I

### FORZANTES NATURALES ACTUANTES EN LA DINÁMICA DE LA CUENCA.

#### Capítulo1: Influencia de la Geología en la Geomorfología de la cuenca.

1.1 Introducción.....	32
1.2 Datos y Metodología .....	33

1.3 Resultados .....	33
1.3.1 La influencia de la Sub-placa de Nazca. ....	33
1.3.2 Las formaciones Geológicas y su dinámica. ....	40
1.3.3 Cambios geomorfológicos en la cuenca.....	50
1.3.4 Visualización de los cambios geomorfológicos. ....	55
1.4 Conclusiones del capítulo .....	59

## **Capítulo 2: Concordancia entre variabilidad climática y el comportamiento dinámico de la cuenca del río Desaguadero.**

2.1 Introducción.....	60
2.2 Datos y Metodología .....	61
2.3 Características climáticas.....	64
2.4 Climogramas de ciclos anuales medios. ....	69
2.5 Circulación atmosférica .....	73
2.6 El fenómeno El Niño.....	79
2.7 Tendencia en el llano .....	85
2.8 Tendencia en alta montaña.....	88
2.9 Cambio Climático y precipitación. ....	94
2.10 Conclusiones del Capítulo.....	98

## **Capítulo 3: Biogeografía y su correlación con las estructuras edáficas.**

3.1 Introducción.....	101
3.2 Datos y Metodología .....	101
3.3 Fitogeografía de la CRD.....	102
3.4 Zoogeografía de la CRD. ....	112
3.5 Fisiografía de la CRD .....	115

3.6 Edafología de la CRD.....	117
3.7 Resultados .....	124
3.7.1 Erosiones por pendiente. ....	124
3.7.2 Alcalinidad de la CRD .....	127
3.7.3 Riego, acción antrópica.....	128
3.8 Conclusiones del Capítulo.....	130

#### **Capítulo 4: La Hidrografía y su dinámica en las cuencas/sub-cuencas.**

4.1 Introducción.....	131
4.2 Datos y Metodología .....	134
4.4 Análisis morfológico y morfo-métrico de las Cuencas.....	140
4.5 Las sub-cuencas actuales del colector andino.....	150
4.6 Resultados .....	180
4.6.1 Hidrometría y regímenes hidrológicos de la red fluvial.....	180
4.6.2 Aguas subterráneas. ....	202
4.6.3 Tenores salinos en la cuenca inferior del sistema.....	204
4.7 Conclusiones del Capítulo.....	211

### **PARTE II**

#### **INFLUENCIA ANTROPOGÉNICA ACTUANTE EN LAS MODIFICACIONES DE LA CUENCA.**

##### **Capítulo 5: Poblamiento y vulnerabilidad: Resiliencia en el “hábitat” de la CRD.**

5.1 Introducción.....	214
5.2 Datos y Metodología .....	215
5.3 Primeros Pobladores.....	219

5.3.1 Pueblos Huarpes.....	221
5.3.2 Pueblos Ranqueles. ....	224
5.3.3 Proyectos de Navegación en la CRD. ....	228
5.4 Resultados .....	233
5.4.1 Urbanizaciones con relevancia histórica en la cuenca inferior. ....	233
5.4.3 Distribución de la población actual. ....	238
5.5 Conclusiones.....	248

## **Capítulo 6: Impacto de las Actividades Económicas en la CRD.**

6.1 Introducción.....	250
6.2 Datos y Metodología .....	252
6.3 Actividades Económicas de las Provincias integrantes de CRD .....	253
6.3.1 Agricultura .....	257
6.3.2 Ganadería .....	262
6.3.3 Minería .....	270
6.4 Resultados .....	274
6.4.1 Utilización de los recursos hídricos como un bien común. ....	274
6.5 Conclusiones.....	278

## **Capítulo 7: La Problemática Legal.**

7.1 Introducción.....	279
7.3 Resultados .....	282
7.3.1 Cronología de los conflictos .....	282
7.3.2 Los Instrumentos Legales. ....	285
7.3.2.1 Organismos de las Cuencas en la República Argentina .....	290
7.3.3 Las Demandas de la Provincia de La Pampa.....	292

7.3.4 La Posición de la Provincia de Mendoza.....	296
7.3.5 Las Resoluciones Judiciales. ....	300
7.3.5.1 Resolución 50/49 .....	300
7.3.5.2 Acta de la sexta Conferencia de Gobernadores -1976- .....	300
7.3.5.3 Fallo de la Corte Suprema de Justicia de la Nación -1987- .....	301
7.3.5.4 Acta convenio entre Ministerio del Interior y las Provincias de La Pampa y Mendoza.- 2008 – .....	304
7.3.5.5 Acta acuerdo entre gobierno Nacional y Provincial sobre financiamiento de la obra presa central Portezuelo del Viento. ....	304
7.3.5.6 Derogación del Decreto N° 1560.....	304
7.3.5.7 Audiencia pública Junio 14 de 2017.....	305
7.3.5.8. Fallo Suprema Corte de Justicia de La Nación. Diciembre 2017. ...	305
7.3.6 Conflictos semejantes internacionales e interprovinciales. ....	306
7.4 Conclusiones del capítulo .....	309

## **Capítulo 8: Obras existentes y proyectos sobre la CRD.**

8.1 Introducción.....	312
8.2 Datos y Metodología .....	313
8.3 Resultados .....	320
8.3.1 Áreas Protegidas.....	320
8.3.2 Diques, Embalses y Centrales Hidroeléctricas.....	328
8.3.3 Proyectos en la CRD .....	345
8.4 Conclusiones.....	362

## **Capítulo 9: Conclusiones. Aportes y reflexiones finales.**

9.1 Conclusiones y Aportes.....	364
9.2. Reflexiones finales .....	371

## **BIBLIOGRAFÍA**

Bibliografía.....	373
-------------------	-----

## **ANEXOS**

Anexo 1.....	388
Anexo 4: .....	391
Anexo 4.1:.....	406



USAL  
UNIVERSIDAD  
DEL SALVADOR

**Marco Teórico.**



## **Presentación del problema geográfico**

La Cuenca del río Desaguadero (CRD) está ubicada íntegramente en territorio argentino. Es la cuenca imbrífera más extensa del país, alcanzando los 247.000 km<sup>2</sup>.

La morfología de la cuenca y su ubicación geográfica tienen características diferentes a todas las otras cuencas nacionales. Su estructura geológica también genera comportamientos originales. Su estudio nos permite inferir sobre matices geomorfológicas que hacen variar la fisiografía de los escurrimientos de los tributarios y el colector de la cuenca.

Las consecuencias de la sensibilidad climática dejan sus huellas en esta cuenca ofreciéndonos la posibilidad de observar testimonios de variaciones y cambios en el clima de las zonas internas, perimetrales y contiguas a la cuenca. Los cambios registrados en la flora y fauna se suman a los cambios observados desde tiempos más recientes, lo que permite incorporar la acción antrópica como actor y sujeto de las variaciones de caudales.

Los estudios hidrométricos enlazados con las variables enunciadas dan lugar a una comprensión de la evolución temporal de la cuenca pero es quizás la acción antrópica la variable más compleja.

Las acciones del hombre realizadas en pos de incrementar el aprovechamiento de las vías hídricas han desvirtuado un análisis lineal del comportamiento temporal.

Las obras proyectadas son sostenidas y criticadas con igual énfasis y por partes enfrentadas, haciendo de la cuenca un territorio de inestabilidad permanente, donde es menester encontrar soluciones ecológicas que contengan las necesidades de todos o de la mayoría de los pobladores de la región.

Cuando hablamos de soluciones ecológicas nos estamos refiriendo a un paraguas que contenga un enfoque multidisciplinario abarcando los tres pilares de la ecología: ambiente, sociedad y economía. (Nijkamp, P; 1990)

La combinación entre ciencia y sociedad regirá durante todo el camino de este trabajo ya que el cuidado de la cuenca es una tarea que nos compromete a todos. Un deber como ciudadanos de este planeta. (Morín, E; 1999)

En este contexto, con este trabajo se pretende llegar a realizar aportes originales que contribuyan a pensar los problemas de la cuenca desde focos distanciados de las miradas que a lo largo de 200 años no pudieron llegar a los puertos denominados "calidad de vida" para todos los integrantes del "hábitat" de la cuenca del Desaguadero.

En la tesis se tendrá en cuenta la CRD como una unidad integrada. El análisis de sus componentes físicas y dimensiones sociales y económicas será global, holística, tratando de enfatizar sus interconexiones. Para ello la información compilada de las diversas fuentes y autores junto con datos observacionales serán ponderados y examinados en contextos espacio-temporales.

### **Área de estudio**

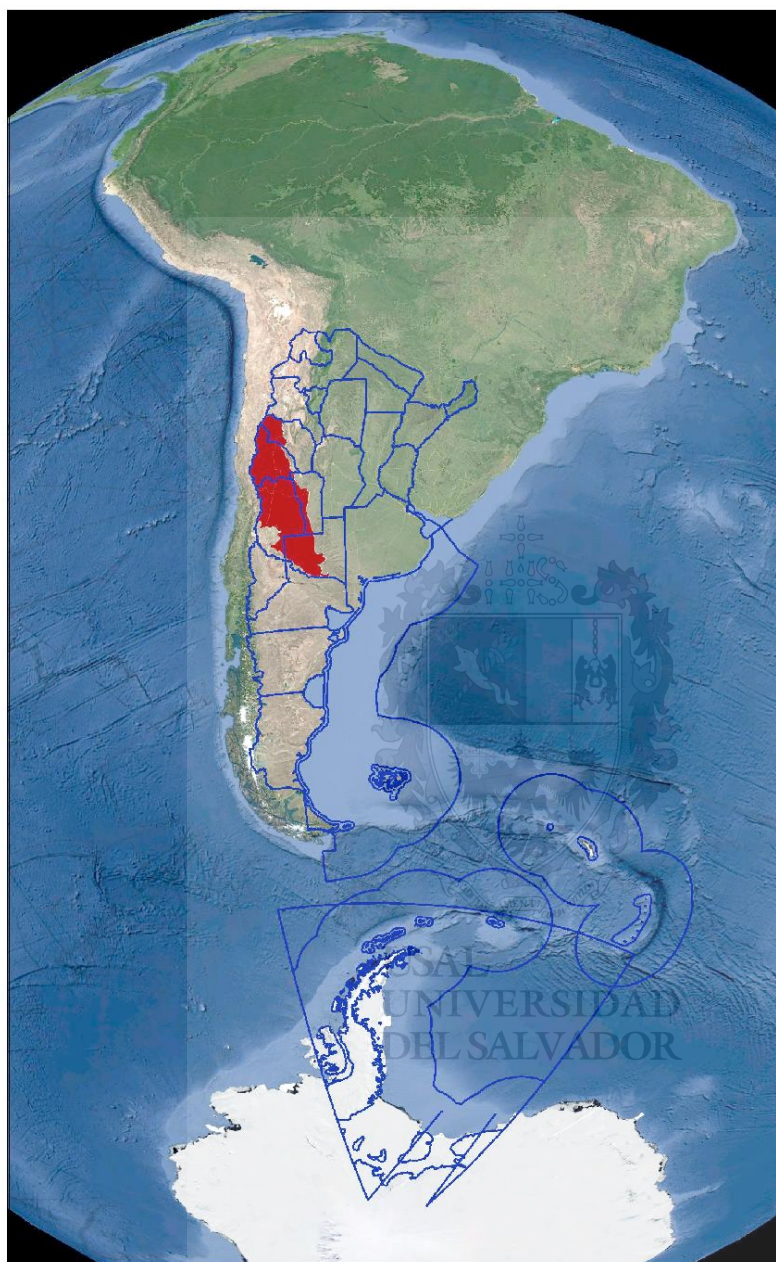
Las nacientes del río Bonete sobre el cerro homónimo, situadas en la latitud 27°47'18" S y longitud 68°36'17"O, marcan su límite norte. La unión del río Curacó con el río Colorado en 38°50'07"S y 64°58'47"O señala su límite sur. Su extensión meridional abarca desde las altas cumbres de la cordillera de los Andes en el límite con la República de Chile hasta los límites de las Provincias de La Rioja-San Juan y Mendoza-San Luis. (Mapa 1)

Las Provincias de Catamarca, La Rioja, San Juan, Mendoza, San Luis y La Pampa integran con sus territorios, en forma parcial o total, el área de la CRD.

El río Desaguadero se considera el colector andino de las subcuencas de los ríos Jáchal, San Juan, Mendoza, Tunuyán, Diamante y Atuel. (Mapa.2 y 3)



## MAPA BIOCEANICO CUENCA DEL RIO DESAGUADERO (CRD)



Fuente: IGN -Google Earth

Elaboración: Propia

Fecha: Noviembre 2016



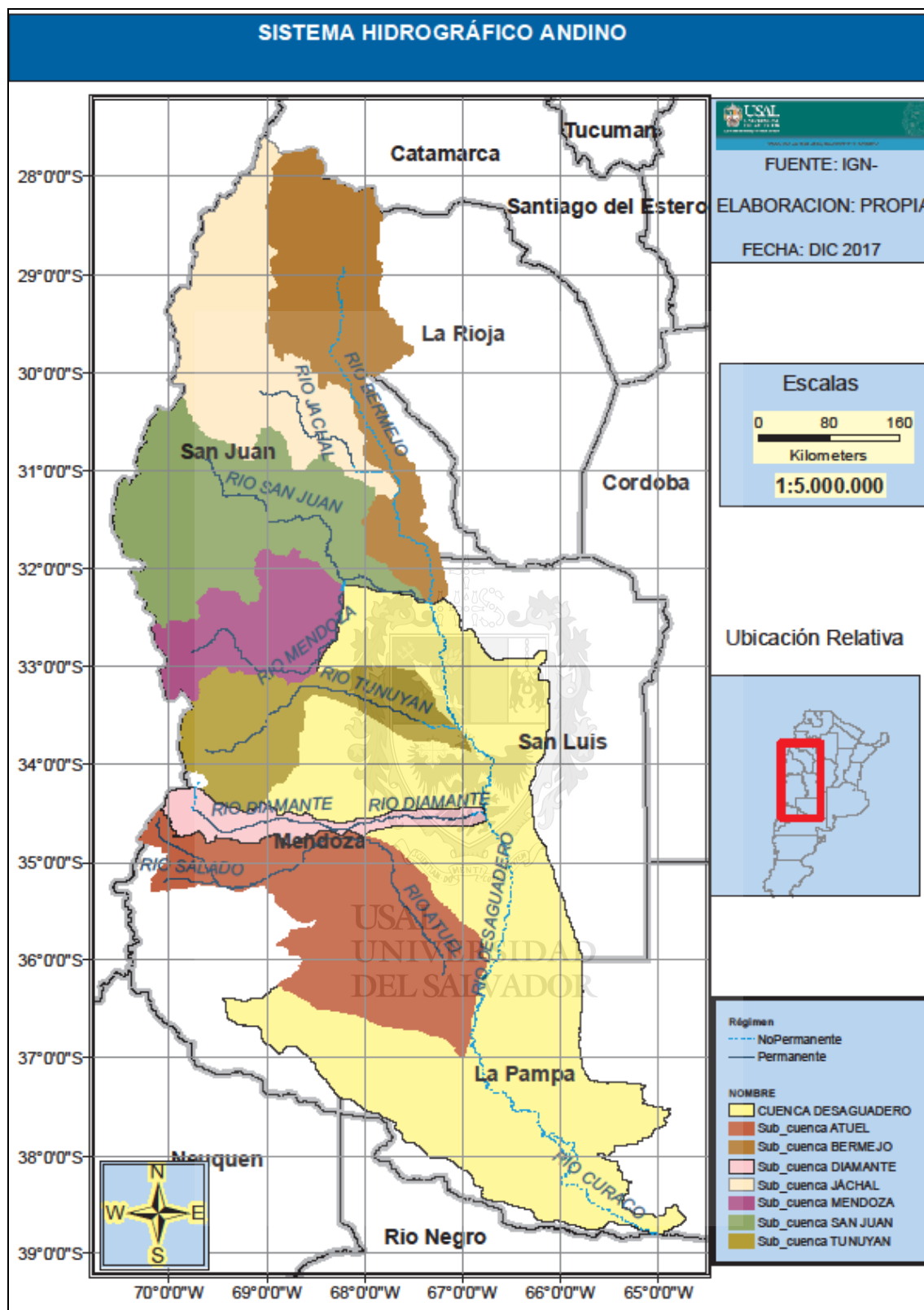
Escala

1:550.000.000

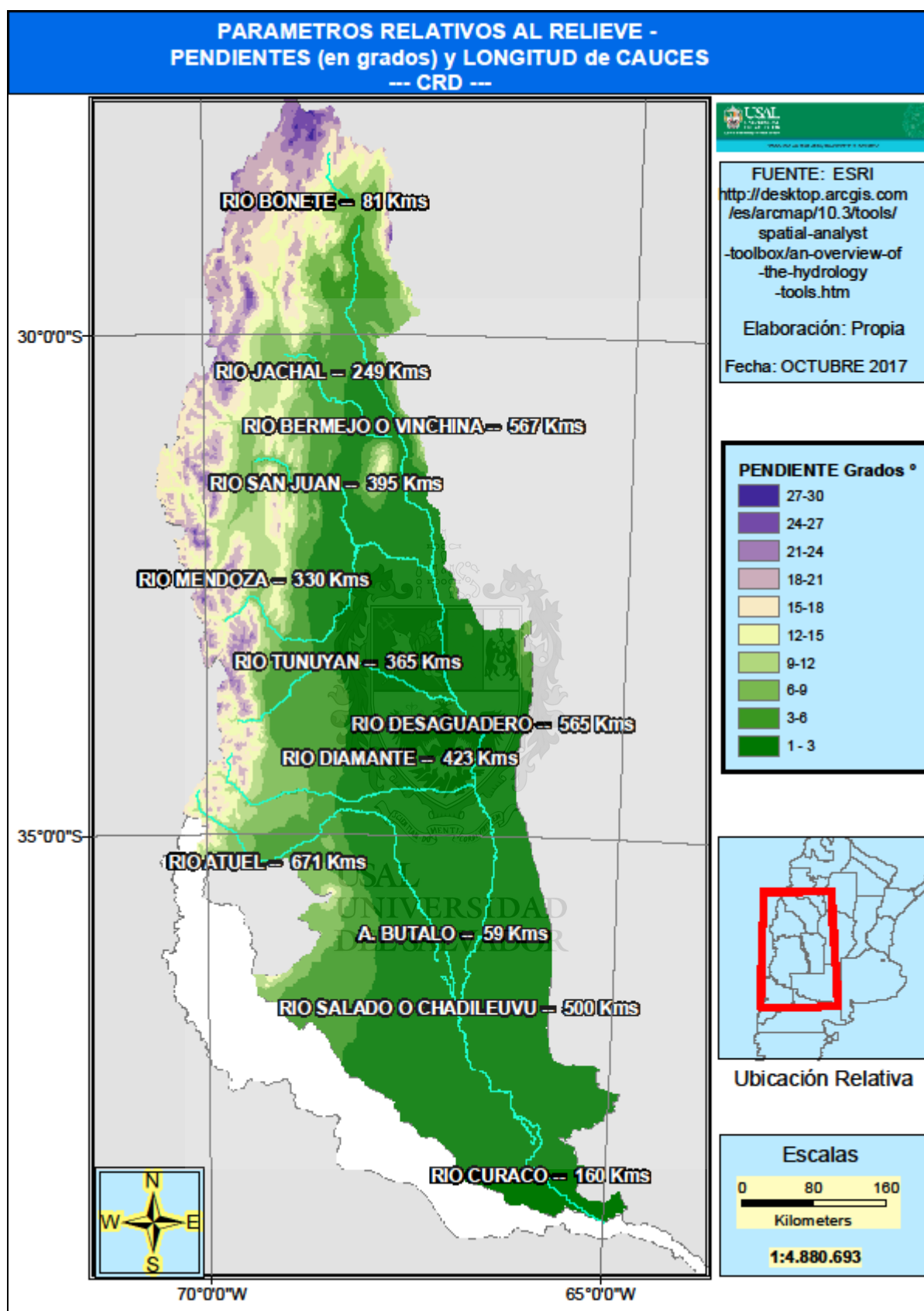


Ubicación Relativa

**Mapa 1.** Ubicación geográfica de la Cuenca del río Desaguadero (CRD), en Argentina, América del Sur, proyección mapa bioceánico.



**Mapa 2:** El río Desaguadero o colector andino y las subcuencas de sus afluentes conforman la CRD.



**Mapa 3:** Longitud en kms de los principales afluentes del río Desaguadero, trazados sobre un mapa de pendientes, permite visualizar la altimetría de las subcuencas.

## **Objetivo General de la Tesis**

Determinar el tipo de cuenca y evolución de la CRD, analizando sus variaciones geomorfológicas debido a diversos factores antrópicos y naturales, a fin de aportar un conocimiento integral socio-económico y natural del comportamiento de la cuenca en pos de contribuir al uso sostenible del agua como un “bien común”.

## **Objetivos Específicos**

1. Comprender los cambios estructurales en la corteza terrestre en la escala geológica que han definido la morfología actual de la cuenca en relación con otras cuencas fluviales que están presentes dentro del territorio argentino.
2. Comprender los mecanismos del clima involucrados en las variables hídricas de la cuenca que modifican su comportamiento a lo largo del ciclo anual, en variaciones año a año y en las últimas décadas, tales como la precipitación (líquida y sólida) y la temperatura en la alta montaña de los Andes.
3. Identificar las características fito-zoogeográficas y edáficas existentes en la cuenca.
4. Validar la cartografía histórica, presente para la región desde el siglo XVIII, con reconstrucciones paleo climáticas disponibles en la región a fin de determinar los cambios ocurridos en la morfología de la cuenca.
5. Determinar las características de la cuenca a partir de los parámetros morfométricos en el período instrumental (siglo XXI).
6. Analizar el ciclo anual y las variaciones interanuales del caudal aforado de los distintos ríos que componen la cuenca en aquellos períodos con disponibilidad de datos a fin de comprender su comportamiento en las últimas décadas en relación al clima y al uso antrópico.
7. Analizar las componentes subterránea y superficial del agua utilizada en el riego y su impacto económico en las cuencas inferiores.
8. Determinar la influencia de las modificaciones de la dinámica del río Desaguadero-Salado-Chadileuvú-Curacó (área del colector de mayor vulnerabilidad social) sobre la demografía con la información disponible desde mediados del siglo XVII al censo 2010.
9. Cuantificar el uso de agua proveniente de la cuenca en las actividades económicas, actividades desarrolladas en el área y sus efectos contaminantes.
10. Planteo legal del litigio interprovincial Mendoza-La Pampa a fin de entender las causas y consecuencias de las acciones legales sobre este sistema fluvial, siendo el más extenso y desarrollado íntegramente sobre nuestro país.
11. Analizar los efectos observados en las obras de infraestructura presentes en la cuenca y plantear los desafíos que presentan los proyectos actualmente pendientes de realización.



12. Asociar las características físicas, sociales y económicas que se han estudiado en cada objetivo específico mediante la implementación de un SIG. integral.

## **Hipótesis**

Teniendo en cuenta que:

Se han documentado cambios en la cartografía histórica que muestran indicios de transformaciones temporales de la cuenca, diferencias entre los caudales de las subcuencas superiores e inferiores, variaciones en las temperaturas en las escalas temporales que se tienen registro, cambios en las precipitaciones níveas durante años “Niñas, Niños y Neutros” y de diversa magnitud en actividad solar. Se han observado correlaciones entre la variabilidad climática y el tipo de cuenca resultante; grandes consumos de agua en actividades antrópicas; nuevas represas demandantes de caudales de los tributarios y crecimiento en áreas vitivinícolas bajo riego.

Se registran ausencias de especies de flora y fauna existentes en el siglo pasado, migraciones de pobladores ribereños y presencia de suelos diferenciados de sus génesis.

Se han emitido anuncios de futuras obras estructurales a realizarse sobre el colector y sus afluentes con dictámenes/demandas legales que solicitan nuevas acciones.

La cuenca del río Desaguadero tuvo períodos de características exorreicas, otros endorreicas y la actualidad se asemeja a un comportamiento tipo arreico. Estas variaciones no responden solamente a variables climáticas o movimientos tectónicos. La hidrografía tuvo y sostiene cambios que reflejan los caudales de su cuenca imbrífera con variaciones que no responden solo a parámetros naturales. La acción antrópica interactuando con los cambios climáticos produjo desequilibrios que abren interrogantes en el futuro económico, social y político del “hábitat” regional. Los procesos naturales y antrópicos son menester de un análisis integrado que permita conocer la historia, el presente y el futuro de la CRD.

El presente nos encuentra con un concreto problema de creciente demanda hídrica y oferta con pronósticos en descenso.

La hipótesis que plantea esta investigación está orientada a la optimización del uso del agua de la CRD desde su oferta y demanda tratada como un “bien común” en pos del objetivo de desarrollar la región de acuerdo a conceptos de sostenibilidad.

Desde la demanda es factible implementar medidas diversas tales como la optimización de regadío e incorporación de plantas forrajeras megatérmicas para un mejor aprovechamiento del recurso.

Desde la oferta, obras con objetivos diversos, entre las cuales los trasvases del río Grande al Atuel y del río Negro al río Colorado podrían cambiar la ecuación cuantitativamente y a partir de ese escenario se replantearía el aprovechamiento integral de la cuenca. El costo de estos trasvases en impacto ambiental es la variable más difícil de evaluar.

A los efectos de sostener esta hipótesis es imprescindible incorporar un diagnóstico multidisciplinario que permita diversos enfoques a los problemas que plantea la CRD. Razón por la cual es menester incorporar herramientas geográficas tales como: geología, geomorfología, edafología, climatología, hidrografía y demografía; disciplinas legales y económicas; aportes originales y metodologías que se adapten a los nuevos enfoques de la investigación.

### **Aporte original**

Alcanzar un preciso diagnóstico conlleva, además de una adecuada metodología, a utilizar herramientas cuya adaptación a problemas surgidos de la investigación incorporen aportes originales. Cada capítulo es tratado con metodología propia surgiendo así aportes originales que se detallarán junto a las conclusiones de la investigación.

### **Estructura de la Tesis**

La tesis se organiza de la siguiente manera:

Se desarrolla el marco teórico presentando el problema geográfico, objetivos, hipótesis, estado del arte, metodologías y motivación.

La parte I desarrolla los forzantes naturales actuantes en la dinámica de la cuenca y la parte II la influencia antropogénica actuante en las modificaciones de la Cuenca. En la parte I el capítulo 1 trata sobre la incidencia geológica de las placas tectónicas que actúan sobre la CRD y las consecuencias geomorfológicas reflejadas en los paleocauces. Objetivos 1 y 12. El capítulo 2 realiza un diagnóstico de la influencia atmosférica en baja frecuencia sobre la CRD, las tendencias y pronósticos para el futuro cercano. Objetivos 2 y 12. El capítulo 3 caracteriza los ambientes fito-zoogeográficos de la CRD y las zonas edáficas. Objetivos 3 y 12. El capítulo 4 analiza los patrones morfométricos de la CRD, las variaciones temporales de los caudales de los afluentes y describe cada sub cuenca apoyada en una cartografía de detalle. La historia de la conexión/desconexión del sistema fluvial se analiza mediante cartografía



antigua, la cual es validada mediante un aporte original utilizando una herramienta de la dendro-cronología-climática. Objetivos 4, 5, 6, 7 y 12.

La parte II comienza con el capítulo 5, dedicado a la población desde su pasado al presente. Las necesidades que hoy se exponen y las diversas manifestaciones culturales que dejaron su impronta. La vulnerabilidad social es analizada en las zonas más marginales de la CRD. Objetivos 8 y 12. El capítulo 6 analiza las actividades económicas de la CRD. La utilización del agua como riego, la contaminación de los efluentes y la oferta de aguas superficiales y subterráneas. Como en el capítulo anterior, también se enfoca el sector marginal analizando la historia de sus variaciones y la proyección de un futuro con mejoramientos de las condiciones actuales. Objetivos 9 y 12. El capítulo 7 está dedicado a la problemática legal. La historia de los conflictos entre las Provincias de Mendoza y La Pampa. Conflictos similares en otras cuencas. Últimas resoluciones de la Corte Suprema de Justicia de la Nación y el enfoque de la encíclica papal Laudato Si. Objetivo 10. El capítulo 8 trata las obras realizadas y proyectos a realizar en la CRD. Desde las reservas ambientales a obras hidroeléctricas. Pequeñas obras como azudes y tapones en los cauces hasta proyectos de trasvases de cuenca como río Grande-Atuel o río Negro-río Colorado. Objetivos 11 y 12.

La tesis finaliza con las conclusiones recopiladas y objetivo alcanzado en cada capítulo. Conclusiones generales, aportes originales surgidos de la investigación y reflexiones derivadas del trabajo integral.

### **Fuentes del estado del arte.**

Esta investigación de tesis parte del conocimiento provisto por numerosas investigaciones previas que han estudiado la CRD bajo distintas dimensiones o aspectos que la caracterizan. Las principales fuentes bibliográficas examinadas fueron las siguientes:

#### **a.- Dimensión geomorfológica e hidrológica:**

- Estudios geológicos sobre la placa de Nazca y su incidencia en la CRD del Dr. Quispe y otros (2002). Trabajos de geomorfología del Dr. Iriondo, M(1995) y diversos trabajos sobre la dinámica estructural elaborados por Llanvías (1975); Ramonell, C (1993), Tulio J. (1993); Devicenci y otros (2015) han aportado datos para la comprensión del tema.
- La Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires realizó un estudio integral de la CRD (2009) dirigido por el ahora Secretario de Recursos Hídricos de la Nación, Ing. Pablo Bereciartura, en el cual se encuentran trabajos de hidrografía muy detallados y aspectos más generales referidos a

problemáticas de la cuenca con un marcado énfasis en la continuación de estudios para una mejor comprensión de la movilidad de la cuenca.

- En la Secretaría de Recursos Hídricos de la Provincia de La Pampa (SRHLP), a través de los Congresos Pampeanos del Agua, desde el año 2005, profesionales del área presentan trabajos relacionados con temas de la CRD.

- En la Universidad Nacional de La Pampa, en el año 2015, el Ing. Buss defendió su tesis de grado sobre la modelación hidrodinámica en el tramo inferior de del río Atuel.

- La Comisión de Seguimiento del Estudio Integral de la Cuenca del río Desaguadero-Salado-Chadileuvú-Curacó (COHIFE) ha presentado informes técnicos sobre la CRD desde al año 2014.

- El Departamento General de Irrigación de Mendoza mantiene una red on-line de estaciones de aforo en su Provincia, fuente de datos permanente para estudios de hidrometría. También realiza informes periódicos y ha realizado una aplicación ejecutable digitalmente para mostrar la importancia del agua y el aprovechamiento de cuenca denominada Aquabook.

- El Instituto Nacional del Agua (INA) en sus diversas regionales ubicadas en las Provincias de la CRD aportan datos hidrométricos mediante informes periódicos.

#### **b.- Dimensión Climatológica:**

- La Dirección de Aguas de la República de Chile (DGA) mantiene una red de estaciones Nivométricas de las cuales pueden extraerse datos on-line para el seguimiento de las precipitaciones en la alta cordillera.

- Instituto Argentino de Glaciología, Nivometría y Ciencias Ambientales (IANIGLIA-Conicet Mendoza), aporta datos nivométricos de estaciones ubicadas en las altas cuencas.

- Instituto de Tecnología Agropecuaria (INTA) con su geo portal que suministra datos vectoriales como en sus publicaciones sobre temas específicos de edafología, climatología y diversos estudios de la biósfera de la CRD aporta datos que fueron utilizados en este trabajo.

- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) suministra programas climatológicos que permiten obtener datos de variables atmosféricas aplicables al estudio de la CRD.

- La Climatología ha sido abordada en numerosos trabajos que analizan desde la variabilidad climática hasta el cambio climático, realizando pormenorizados trabajos encontrados en tesis doctorales de Ciencias de la Atmósfera y

Oceanografía con autores tales como el Dr. Agosta Scarel, Dra. Compagnucci, Dr. Araneo, Dr. Maenza.

### **c.- Dimensión Edafológica y biológica:**

- Los datos de fitogeografía fueron extraídos de trabajos del Profesor Ángel Cabrera (1994) y sus posteriores críticas elaboradas por Ribichich (2002). Ulibarri, E. A y Burkart, A (2000).
- La zoogeografía de la región toma las zoo-regiones de la clasificación del Dr. Ringuet (1961)
- Cartas de Suelos elaboradas por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y vectorizadas para aplicación en SIG. fueron extraídas de su Geo-portal y actualizadas con las publicadas por INTA-Anguil.

### **d.- Dimensión Antrópica:**

- Desde el punto de vista antrópico, existen datos de población proporcionada por los censos nacionales a escala de radio censal de los años 1990, 2001 y 2010 aunque no todos los censos han tomado los mismos polígonos, provistos por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC).
- Compilaciones sobre historias de poblaciones originarias se encuentran focalizadas en diversas zonas de la Cuenca, desde los Huarpes de Guanacache hasta los Tehuelches, Pampas y Mapuches en la cuenca inferior y actual Provincia de La Pampa, Saldi (2012). Estudios arqueológicos de Chiavazza, H y Prieto, M (2008) complementan estos datos.
- Estudios económicos plasmados en los anuarios estadísticos de las Provincias de La Pampa y Mendoza realizados en los ministerios de Producción y de Hacienda respectivos (2014). El Ministerio de Economía y Finanzas Públicas de la Nación a través de la Secretaría de Política Económica y Planificación del Desarrollo con su Subsecretaría de Planificación Económica y la Dirección Nacional de Desarrollo Sectorial-Dirección Nacional de desarrollo regional han elaborado estudios provinciales sobre las actividades económicas que posibilitaron la medición y análisis en las regiones que incluyen el área de la CRD. (2015)
- Estudios de futuros proyectos son tratados por: Sitios Ramsar en Argentina; Subsecretaría de Recursos hídricos de la Nación; Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas y Secretaría de Energía de la Nación.
- Los impactos de la minería fueron estudiados por Renaud (2008) y el Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR) y otras organizaciones no gubernamentales como Wetlands International (Fundación Humedales) quienes también abordaron la problemática del riego en los oasis cuyanos. Por su parte

los riesgos de vertidos de hidrocarburos en la cuenca del río Colorado fueron tratados por Dillon (2004).

- Los conflictos legales fueron abordados con informes de letrados que defienden la postura pampeana como Scovenna (2012), Álvarez Bustos (1984), Cheli (2007) y quienes lo hacen a favor de la postura mendocina, Liber (2006), Andino (2006), Pinto (2006), Fernández (2014), Moyano (2014). Muchos otros serán nombrados en el capítulo correspondiente como así también los fallos de la Suprema Corte de Justicia de la Nación.

### **Metodología propuesta**

En cada capítulo se enunciará la metodología a utilizarse. El enfoque holístico regirá para todo el trabajo permitiendo que las partes, representadas por los capítulos, se integren al objetivo general de la tesis. El método inductivo permitirá arribar a conclusiones generales a partir de los resultados buscados en los objetivos específicos.

Las metodologías comunes a cualquier capítulo serán las siguientes:

#### **a.- Recopilación de cartografía histórica y actualizada.**

La conexión/desconexión del sistema fluvial Desaguadero-Salado-Curacó-Colorado aparece en la cartografía desde el año 1650 a la fecha. Gracias a un coleccionista de mapas antiguos, David Rumsey, y a su página <http://www.davidrumsey.com/> tenemos la posibilidad de contar con ese material. También se han obtenido mapas datados desde el siglo XVI en el Archivo General de la Nación. El IGN nos proporciona cartografía actualizada de la CRD a mayor escala contribuyendo a obtener un material cartográfico con mayor detalle.

En el capítulo 4 se valida la cartografía mediante un método de dendrocronología a los efectos de acotar el material cartográfico a utilizar.

#### **b.- Análisis de series temporales de datos hidrológicos, atmosféricos, edafológicos, geológicos, geomorfológicos, fito-zoogeográficos.**

La descripción de los diferentes análisis se detallará en cada capítulo que los utilice.

#### **c.- Análisis de datos económicos y censales. Imágenes satelitales multitemporales.**

Los datos obtenidos de series temporales procedentes de organismos oficiales nacionales, Provinciales e internacionales han sido incorporados a bases de datos que fueron utilizados para incorporar al SIG. o para realizar estudios

comparativos y/o mensurables de diferentes variables que inciden en la dinámica de la CRD.

#### **d.- Relevamientos “in situ”**

Durante el período 2006/2015 participé en los minuciosos relevamientos viales que el Automóvil Club Argentino realizó en los caminos Provinciales y vecinales de la CRD, relevamiento que permitió conocer poblaciones, puestos de estancias, puentes, vados y valles de inundación de los afluentes y el colector.

#### **d.- Compilación de conclusiones de profesionales involucrados en el tema a través de trabajos realizados sobre temas afines al estudio de la tesis.**

Debido a la disputa legal que existe entre las Provincias de Mendoza y La Pampa por las aguas del río Atuel hay numerosos trabajos interdisciplinarios que se realizaron en la CRD. La mayoría de ellos, citados anteriormente, ocupan regiones espaciales inferiores en sus áreas a la totalidad de la cuenca.

La compilación de estos trabajos permite una visión global del problema y es uno de los desafíos planteados por esta tesis.

#### **e.- Elaboración de Sistema de Información Geográfico (SIG.)**

Un Sistema de Información Geográfico (SIG.) desde el punto de vista funcional es, en esencia, la herramienta informática más avanzada para la gestión y análisis de información georreferenciada (IG), especialmente en la actualidad que están en capacidad de trabajar todos los modelos de datos (ráster, vector, Modelos Digitales del Terreno, tablas y textos). Ávila 2014.

En la estructura del SIG. un componente fundamental es su Base de Datos Geográficos, en ella se encuentra la IG que se ha seleccionado de la realidad para analizar los diferentes aspectos del problema mediante procedimientos de análisis espacial sobre las entidades cartográficas. Como también estadísticos sobre la información temática asociada a dichas entidades. Tales procedimientos, permiten generar nuevo conocimiento del mismo, mejorar la toma de decisiones a fin de solucionar o reducir los efectos no deseables minimizando gastos y optimizando recursos.

La implementación de un SIG. se fundamenta en dos razones prioritarias: La necesidad de gestionar y analizar una gran cantidad de datos e información georreferenciada de distinto tipo para el estudio de un problema geográfico determinado; Y la continuidad de los estudios a través del tiempo, lo que valida el esfuerzo de construcción y aplicación de este tipo de tecnología. En este caso ambas condiciones se cumplen, se requiere gestionar y analizar una gran cantidad de IG y es intención del tesista realizar un seguimiento a través del tiempo de los estudios realizados para continuar registrando las características que presente la evolución de la CRD.

Por lo expresado, a través de este primer esfuerzo se ha iniciado el proceso de construcción de un SIG. que facilite la tarea de gestión y análisis de IG que se requieren satisfacer para cumplir los objetivos de esta investigación, como también su continuidad mediante el seguimiento de las variables fundamentales del mismo

La IG residente en la BDG del SIG. se debe organizar en diferentes tipos o grupos de información a fin de facilitar su implementación y uso. En este caso se han considerado dos agrupamientos principales:

**Información Básica:** Describe características físico-naturales, antrópicas y político-administrativas del área de estudio, considerada de utilidad para los objetivos del SIG. Se utilizará como esquema espacial básico, para generar los productos temáticos (Ávila 2014).

- Información Básica: Es el conjunto de información geográfica residente en la BDG que servirá de referencia para el desarrollo de las distintas aplicaciones del Sistema, en este caso se tendrá en cuenta:

- 
- Poblaciones.
  - Vías de comunicación.
  - Infraestructura vial.
  - Hidrografía
  - Climatología
  - Unidades ecológicas
  - Geomorfología fluvial.
  - Edafología
  - Fito-zoogeografía
  - División político administrativa
  - Puntos altimétricos
  - Curvas de nivel.
  - Modelo Digital de Elevaciones.
  - Imágenes Satelitales (actuales)

**Información Temática Específica:** Reúne la información que se asocia con el o los temas específicos que orientan los objetivos fijados para la construcción del sistema. Este agrupamiento se ha subdividido en función de los diferentes aspectos temáticos que se indican:

#### Registros hidro-meteorológicos

- . Registros actuales (año en curso)
- . Registros históricos
- . Tablas de correlación cotas-valores hidrométricos
- . Datos de correlación en años “NIÑO” y valores de nivel de alturas alcanzados.
- . Geo localización de estaciones nivométricas e hidrométricas

#### Condiciones de la red hidrográfica

- . Red natural en condiciones normales
- . Red natural en condiciones críticas
- . Red de canales artificiales en condiciones normales
- . Red de canales artificiales en condiciones críticas

#### Condiciones atmosféricas

- . Actividad de centros Ciclónicos y Anticiclónicos
- . Pronóstico de precipitaciones níveas y variaciones de temperaturas estacionales.

#### Aspectos antrópicos

- . Información histórica
- . Censos poblacionales
- . Actividades económicas regionales
- . Red de canales de riego
- . Obras realizadas en los cauces
- . Obras proyectadas en las subcuencas
- . Trasvases de cuencas

#### Cartografía histórica

- . Mapas desde el año 1650 que contengan el área de conexión/desconexión del sistema fluvial Desaguadero con el río Colorado

#### Aspectos Jurídicos

- . Expresiones espaciales del conflicto Mendoza-La Pampa
- . Resoluciones de conflictos similares en otras cuencas

#### Información reunida hasta la fecha:

##### Información Vectorial

- Capa Vectorial con puntos Altimétricos base ASTER GDEM (NASA) Escala variada.
- Capa Vectorial con puntos Altimétricos base Digitaliz.Polig. (CONAE/IGN/FA) Escala variada.
- Capa Vectorial con Puntos Población (base INDEC 2010, IGN y Relev.privado) Escala variada.

- Capa Vectorial con Curvas de Nivel base ASTER GDEM (NASA) e IGN. Escala variada.
- Capa Vectorial Cursos de Agua, Red Vial y Vías Navegables; base Sub Recursos Hídricos, IGN, DGA Maza y San Juan, Vialidad Pcial y Relev. Privado. Escala variada.
- Capa Vectorial s con POIS (puntos de interés) relevamiento privado. Escala variada.
- Capa Vectorial con Polígonos de Inundación digitalizados de Imag.Satelitales y Fotos Aéreas base (CONAE/IGN/ FA) Escala variada.
- Capa Vectorial con Polígonos de Radios Censales (INDEC 2010-2001), Catastro (Geodesia Pcial) Escala variada.
- Capa Vectorial con polígonos de unidades catastrales (Dir. De Catastro, Provincia de La Pampa) (E: 1:50.000)
- Capa Vectorial con Polígonos de Cuerpos de Agua (Digitalizados desde Imag/fotos de CONAE/IGN/FA. (E: 1:10.000)
- Capa Vectorial con polilíneas de Cuerpos de Agua (Digitalizados desde Imag/fotos de CONAE/IGN/FA. (E: 1:10.000)
- Capa Vectorial con polígonos regiones Fito geográficas, zoogeográficas (Cabrera, A y Ringuelet, R) (E: 1:100.000)
- Capa Vectorial con polígonos de tipo de suelos base de INTA. (E: 1:250.000)
- Capa Vectorial SIG. Provincia de Mendoza. (E: 1:100.000)
- Capa Vectorial Geología SEGEMAR. (E: 1:100.000)
- Capa Vectorial Sitios Ramsar. (E: 1:100.000)
- Capa Vectorial Parques Nacionales y Provinciales. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de La Nación. (E: 1:100.000)
- Capa Vectorial Vías de comunicación e infraestructura vial: IGN y Open Street:<http://download.geofabrik.de/south-america/argentina.html>. Escala variada.

### **Información Ráster**

- Imágenes Satelitales Landsat 5,7,8 (Resolución 25 mts, 8 bandas, CONAE)
- Imágenes Satelitales Google para complemento de las Fotos Aéreas
- Imágenes Nasa World Imagery.
- Imágenes ESRI. World Imagery provides one meter or better satellite and aerial imagery in many parts of the world and lower resolution satellite imagery worldwide. The map includes 15m TerraColor



imagery at small and mid-scales (591M down to 72k) and 2.5m SPOT Imagery (288k to 72k) for the world, and USGS 15m Landsat imagery for Antarctica.

- OpenStreetMap <http://www.OpenStreetMap.org>.

### **Productos informáticos de generar:**

Se detallan a continuación los productos disponibles, asociados a los temas tratados en cada capítulo, con los que a su vez se pueden generar nuevos productos informáticos mediante el tratamiento y combinación de la IG residente en la BDG.

### **Capítulo 1:**

Mapa de placas y dorsales. Fuente, Dr. De Metz.

Mapa de formaciones y períodos geológicos. Base SEGEMAR.

Mapa de corrimientos históricos de los cauces. Fuente, Vital, Barton, Gandolfo, Ramos e Iriondo.

Mapa de paleocauces en 3D con escenarios de elevaciones del nivel del mar.

Mapa de planicies de Inundación comparativos entre las cuencas del Plata y CRD.

### **Capítulo 2:**

Mapa de clasificación climática según Peter Köppen.

Mapa de estaciones nivométricas. Base de datos IANIGLIA

### **Capítulo 3:**

Mapa de Provincias fitogeográficas. Fuente Clasificación del Prof. A. Cabrera.

Mapa de regiones zoogeográficas. Fuente Clasificación del Dr. Ringuelet.

Mapa de tipo de suelos. Fuente Clasificación INTA.

Mapa de pendientes. Base altimétrica del IGN y STRM (Nasa)

Modelo digital de elevaciones. Base altimétrica del IGN y STRM (Nasa)

Mapa de alcalinidad. Base de datos de INTA.

Mapa de suelos regados. Base datos Facultad de Ingeniería.UBA. INTA

#### **Capítulo 4:**

- Mapa de órdenes de drenaje y Mapa de sub cuencas hidrográficas. Para obtener los datos contenidos en estos dos mapas, se combinó la IG que se señala a continuación:

- a.- Modelo Digital de Elevaciones.
  - b.- Ráster de áreas equivalentes.
  - c.- Ráster de dirección de flujos.
  - d.- Ráster de flujos acumulados.
  - e.- Ráster de la red de flujos.
  - f.- Ráster de la dirección de flujos.
  - g.- Ráster de las áreas de drenaje.
  - h.- Ráster de segmentos no interrumpidos.
  - i.- Ráster de orden de las corrientes. Método de Strahler.
  - j.- Shape de los puntos donde se cortan cada uno de los drenajes.
  - k.- Ráster de las sub cuencas delineadas.
- Mapa de pendientes de cauces. Base altimétrica del IGN y STRM (Nasa).
- Mapa de estaciones hidrométricas. Base INA. SRH La Pampa. SRH Nación. SRH San Juan.
- Mapa de zonas de retardo. Fuente INA.

#### **Capítulo 5:**

- Mapa de sitios arqueológicos y rocas aflorantes: Fuente Berón-Chiavazza.
- Mapa de distribución de primeros pobladores. Fuente Michieli.
- Mapa de ubicación nación Rankulche. Fuente Hernandez, R.
- Mapa de poblaciones con relevancia histórica de la cuenca inferior. Fuente Hernandez, R.
- Mapa de localidades Huarpes en la Provincia de Mendoza. Fuente Censo 2010.

- Mapa de población indígena por Provincia. Fuente Censo 2010.
- Mapa de población de pueblos originarios de La Pampa. Fuente Censo Indígena Nacional.
- Mapa de población por radio censal. Fuente Censo 2010.
- Mapa de localidades de la cuenca. Fuente Censo 2010.
- Mapa de lotes catastrales y puestos geolocalizados en la cuenca inferior. Fuente Censo 2010. Prof. Mollo, N.
- Mapa de viviendas tipo rancho. Fuente Censo 2010.
- Mapa de población con problemas suministro de agua potable. Fuente Censo 2010.
- Mapa de población con N.B.I por radio censal. Fuente Censo 2010.

#### **Capítulo 6:**

- Mapa de uso del suelo. Fuente INTA.
- Mapa de valor de la tierra. Fuente Cia.Arg. de Tierras SA.
- Mapa de profundidad de capa freática y porcentajes de residuos sólidos de las aguas subterráneas de la cuenca inferior. Fuente INTA Anguil.
- Mapa de minas y canteras. Fuente SEGEMAR.

#### **Capítulo 7:**

- Mapa de comités de cuenca. Fuente INA.
- Mapa de la cuenca del río Jordán. Fuente ESRI.

#### **Capítulo 8:**

- Mapa de Parques Nacionales, Provinciales y Reservas. Fuente MAyDS, SIG. Gobierno de Mendoza, Gobierno de La Pampa.
- Mapa de sitios Ramsar. Fuente Sitios Ramsar.
- Mapa de Tapón de Alonso y Dique Lara. Fuente Secretaría Recursos Hídricos de La Pampa.
- Mapa Dique derivador Rincón del Indio, Provincia de Mendoza. Fuente SIG. Mendoza.

- Mapa Tapón de Ugalde sobre río Atuel. Provincia de Mendoza. Fuente SIG. Mendoza.
- Mapa Dique lateral sobre río Vinchina, Villa Unión, Provincia de La Rioja. Fuente SIG. Mendoza.
- Mapa de obras sobre el río Jáchal, Provincia de San Juan. Fuente SIG. Mendoza.
- Mapa de obras sobre río San Juan, Provincia de San Juan. Fuente SIG. Mendoza.
- Mapa de obras sobre río Mendoza, Provincia de Mendoza. Fuente SIG. Mendoza.
- Mapa de obras sobre río Tunuyán y afluentes, Provincia de Mendoza. Fuente SIG. Mendoza.
- Mapa de obras sobre río Diamante, Provincia de Mendoza. Fuente SIG. Mendoza.
- Mapa de obras sobre río Atuel, Provincia de Mendoza. Fuente SIG. Mendoza.
- Mapa de azudes, sector centro/norte Provincia de Mendoza. Fuente SIG. Mendoza.
- Mapa de Azudes proyectados. Provincia de Mendoza. Fuente Sitios Ramsar.
- Mapa de proyectos de obras El Horcajo y El Tombolar, Provincia de Mendoza. Fuente Ministerio de Planificación de la Nación.
- Mapa de proyectos de obras en Cordón de Plata II, Provincia de Mendoza. Fuente Ministerio de Planificación de la Nación.
- Mapa de proyectos de obras en Los Blancos y Tordillo, Provincia de Mendoza. Fuente Ministerio de Planificación de la Nación.
- Mapa de proyectos de obras en Las Tunas y Grande, Provincia de Mendoza. Fuente Ministerio de Planificación de la Nación.
- Mapa de proyectos de obras en El Baqueano, Provincia de Mendoza. Fuente Ministerio de Planificación de la Nación.
- Mapa de Canal Matriz La Junta. Provincia de Mendoza. Fuente SIG. Mendoza.
- Mapa de Canal Marginal y canal Carmensa a La Puntilla. Provincia de Mendoza. Fuente Secretaría Recursos Hídricos de La Pampa.

- Mapa de proyecto de Embalse La Puntilla, Provincia de La Pampa. Fuente Secretaría Recursos Hídricos de La Pampa.

- Mapa de proyecto de trasvase río Grande a río Atuel, Provincia de Mendoza. Fuente Secretaría Recursos Hídricos de La Pampa.

- Mapa de proyecto de trasvase río Negro a río Colorado, Pcia Río Negro. Fuente Secretaría Recursos Hídricos de La Pampa.

Los mapas realizados mediante el SIG. mencionan la fuente de información, base de su generación, escala de levantamiento y la fecha en la cual fueron editados.

### **Motivación**

En el año 1985 realicé una travesía denominada “Raid Náutico La Rioja-Océano Atlántico” donde se recorrieron más de 1800 kilómetros por la vía fluvial Río Desaguadero en kayak, desde San José de Vinchina, (Provincia de La Rioja), hasta la desembocadura del río Colorado en el Atlántico. (Anexo 1.1)

Además del conocimiento “in situ” que brindó la expedición, a partir de ese viaje comenzaron los intercambios de información sobre este río con entes Provinciales.

En el año 1988 otra expedición, en la cual no participé, compuesta por estudiantes sanjuaninos realizó una navegación similar que fue documentada por el diario La Arena de La Pampa (Anexo 1.2), en el cual se destacan dos hechos significativos:

1.- El grupo de nautas contó con el apoyo de la Universidad de San Juan para navegar una vía fluvial que es tema de discusión acerca de su existencia como tal, ya que se discute si el río San Juan es o no, afluente del río Desaguadero.

2.- Reafirma la expedición fluvial que realizamos en 1985 como pionera en la unión de las cuencas CRD y río Colorado.

El haber navegado atravesando siete Provincias durante más de cuarenta días, observando un paisaje desértico en toda su extensión y encontrando poblaciones muy pequeñas asentadas sobre las márgenes del río Desaguadero con una ausencia casi total de actividades económicas despertó en mí la motivación para estudiar esta vía fluvial. La mano del hombre no es visible a lo largo del río, sin embargo, las acciones antrópicas llevadas a cabo en los afluentes del Desaguadero no sólo lo han modificado sino también han provocado un conflicto legal interprovincial que, lejos de resolverse, ha ido creciendo hasta llegar a organismos internacionales como la Organización de Estados Americanos (OEA).

Las disputas legales entre las Provincias de Mendoza y La Pampa siguen sucediéndose incluso hasta cuestionar y/o poner en duda la existencia del río Desaguadero como tal. Ya en el año 1985 una editorial del diario La Arena, escrita por su director, hacía público este cuestionamiento por parte de la Provincia de Mendoza. En su conclusión, siguiendo una lógica lineal, expresa... ***“si no existe el río Desaguadero, existió Corti y su raid”*** (Anexo 1.3)

Resolver esta disputa va más allá de una acción legal. Conceptos inherentes a una explotación sostenible de los recursos naturales y una inclusión social que la justifique, deben formar parte de la resolución jurídica. Realizar aportes desde esta tesis, profundizando el conocimiento sobre la cuenca y divulgar su problemática para sembrar la participación de otros quizás sirva para que esas pequeñas poblaciones, que hace más de 30 años me vieron sorprendidas navegar ese río, puedan elevar su calidad de vida. Al ser consultados coloquialmente los pobladores de la cuenca, hoy piensan que les robaron el río. Esperemos que la naturaleza y el ser humano se lo devuelvan.



USAL  
UNIVERSIDAD  
DEL SALVADOR

## PARTE I

### FORZANTES NATURALES ACTUANTES EN LA DINÁMICA DE LA CUENCA.



USAL  
UNIVERSIDAD  
DEL SALVADOR

## **Capítulo1: Influencia de la Geología en la Geomorfología de la cuenca.**

### **1.1 Introducción**

La CRD no presenta una pendiente hacia el Océano Atlántico, desarrollada de oeste a este, como las demás cuencas del territorio argentino. La primera observación para esta diferencia surge de su ubicación y formación estructural, por cuanto es menester analizar su geología a los efectos de comprender su geomorfología fluvial y los cambios temporales que han dejado sus huellas.

La información analizada y elaborada mediante mapas SIG. se obtuvieron de los siguientes estudios realizados en la región:

Anderson (2007) y Alvarado (2007) ofrecen estimaciones de la geometría de la placa de Nazca. Quispe y otros (2002) realizaron con gran detalle una descripción de la subducción de la subplaca en la región de la CRD. Ramos (1999) y Cortés (1999) ubicaron geo-espacialmente las Provincias geológicas, permitiendo una cartografía temática. Chen y Molnar (1990) estudiaron las variaciones de la placa y su correlación con estados de tensiones y vulcanismo. Gustsher y Malavieille (1999) analizaron la energía sísmica liberada. Folguera y Zarate (2009), Devicenzi y otros (2010), Rodríguez (1966), Ojeda (2012) contribuyeron con estudios de sedimentación de acuerdo a granulometrías encontradas en los valles fluviales. Iriondo (1990) realizó un estudio de sedimentación del cuaternario a nivel macro-regional, en el cual se analizan los depósitos eólicos-fluviales que se enlazan a la cuenca del Plata y a los ríos del litoral bonaerense. Szelagovski y otros (2004) ofrecen estudios en regiones menores sobre la procedencia, génesis y dinámica de transporte de los depósitos eólicos arenosos del centro-este de la Provincia de La Pampa. Para ello los autores analizaron el marco geológico-geomorfológico y los aspectos estratigráficos de tres sectores considerados como sendos estudios de casos: cordón medanoso La Pastoril-Santa Isabel. Salazar Lea Plaza (1990) elaboró un Atlas de suelos de la Argentina localizando la distribución de los diferentes perfiles edáficos en toda la cuenca. Giai y otros (2008), estudiaron las evidencias sedimentológicas de cambios climático-ambientales en el Cuaternario en la Provincia de La Pampa.

Las consecuencias de los cambios geomorfológicos ya se encontraban en los primeros estudios de Vitali (1945) y Rodríguez (1966), ratificados por los trabajos de Rodríguez y Barton (1993). Malagnino (1998) contribuyó con la evolución del sistema fluvial de la Provincia de Buenos Aires desde el Pleistoceno a la actualidad.

El objetivo de este capítulo es comprender las diferencias estructurales entre esta cuenca y aquellas desarrolladas en territorio argentino, a fin de elaborar



una visualización espacial de cambios temporales. Ello permitirá comprender los cambios geomorfológicos actuantes sobre la cuenca.

El capítulo se estructura tratando primeramente las características geológicas y sus huellas en la CRD para luego tratar los cambios observados.

Por último se plasmaron esos resultados en visualizaciones para finalizar con las conclusiones y síntesis del objetivo planteado.

## **1.2 Datos y Metodología**

Con datos obtenidos de los trabajos de Quispe y otros (2002) se reconstruyó una cartografía temática a los efectos de visualizar el comportamiento de la sub-placa de Nazca en la CRD. También se trazaron dibujos para graficar los ángulos de subducción y sus diferentes efectos.

Se ubicó espacialmente la sub-placa de Nazca que mantiene un ángulo de subducción diferente al resto de las sub-placas. Se realizó una superposición entre las regiones geológicas y el área ocupada por la CRD a los efectos de correlacionar los períodos y formaciones geológicas con los valles de los afluentes y el colector.

Un estudio de granulometría (Devicenci y otros, 2015) nos permitió ubicar temporalmente las deposiciones del río Desaguadero y con ello inferir las variaciones de los caudales transportados/aportes de las altas cuencas.

Con la digitalización de los paleocauces se consiguió visualizar las antiguas escorrentías. Asimismo, mediante la representación en 3D, se pudo mostrar la comparación con la cuenca del río Paraná Inferior y su morfología altimétrica.

La cartografía fue realizada con las citadas fuentes utilizando elementos vectoriales que forman parte del SIG. elaborado para esta tesis. La elaboración de los mapas fue realizada por este tesista mediante procedimientos cartográficos explicados oportunamente. El trazado de los paleocauces se realizó digitalizando altiméricamente líneas interpretadas de los trabajos citados utilizando una escala que permitiera absorber errores planimétricos en cuanto a la precisión.

## **1.3 Resultados**

### **1.3.1 La influencia de la Sub-placa de Nazca.**

La orogenia activa se localiza entre la precordillera (borde oriental) y las sierras Pampeanas; también coincidente con el frente de la subplaca de Nazca que subducta a la Sudamérica con un pequeño ángulo de entre 5° y 7°.

La composición de las rocas de este sector de la precordillera está constituida por sedimentitas triásicas y terciarias continentales; mientras que las sierras Pampeanas se caracterizan por rocas metamórficas e ígneas de edad precámbrica-paleozoica. Alvarado (2008)

De acuerdo con Quispe y otros (2002), la sección de la cuenca del río Desaguadero, extendida desde los 28° a los 32°, coincide con la convergencia<sup>1</sup> de la sub-placa tectónica, perteneciente a la placa de Nazca, y la placa sudamericana. La Cordillera de los Andes surge como un bloque que señala el nacimiento de todos los afluentes del gran colector y éste coincide con una megafalla que acompaña su cauce hasta la unión con el río Colorado. Hacia el este, y limitando con la megafalla mencionada, las sierras Pampeanas se interponen a toda escorrentía hacia el oriente, dando como resultado un único rumbo al colector: el sur. (Mapa 1.3.1.1)

La placa de Nazca y la placa Sudamericana tienen una incidencia muy importante en la cuenca del río Desaguadero. Sus dinámicas determinan efectos diversos. Considerado desde el punto de vista sismológico como uno de los mayores en cuanto a potencial sísmico, el borde occidental de Sudamérica contempla la subducción<sup>2</sup> como fenómeno geológico característico. Este proceso tiene efectos diferentes de acuerdo a la geometría de la placa y el ángulo de subducción respecto a la placa sudamericana. (Esquema 1.3.1.2). El ángulo de subducción varía entre los 30° y los 5° produciendo efectos diferentes, ya que a mayor ángulo se alcanza una mayor profundidad, la temperatura se incrementa y es absorbida por el manto. Caso contrario cuando ese ángulo es entre 5° y 25° la placa se introduce a distancias de 800 kms, permaneciendo relativamente fría y no puede ser absorbida por el manto. (Quispe, Tavera. Hernando, y Bernal, 2002).

Esta sub placa que permanece relativamente fría, tiene como consecuencia una actividad magmática reducida y por ende, poca actividad volcánica. La zona afectada tiene un “silencio magmático” que caracteriza la región. (Mapa 1.3.1.3). La actividad sísmica se intensifica en esta sub-placa aunque no decae en las placas situadas al norte y al sur.

Estos sismos tienen su origen en la actividad que se genera en las dorsales oceánicas<sup>3</sup> siendo en la placa de nazca las dorsales de Nazca, Juan Fernández y dorsal de Chile las más importantes (Mapa 1.3.1.4).

---

<sup>1</sup> Borde de choque entre placas tectónicas

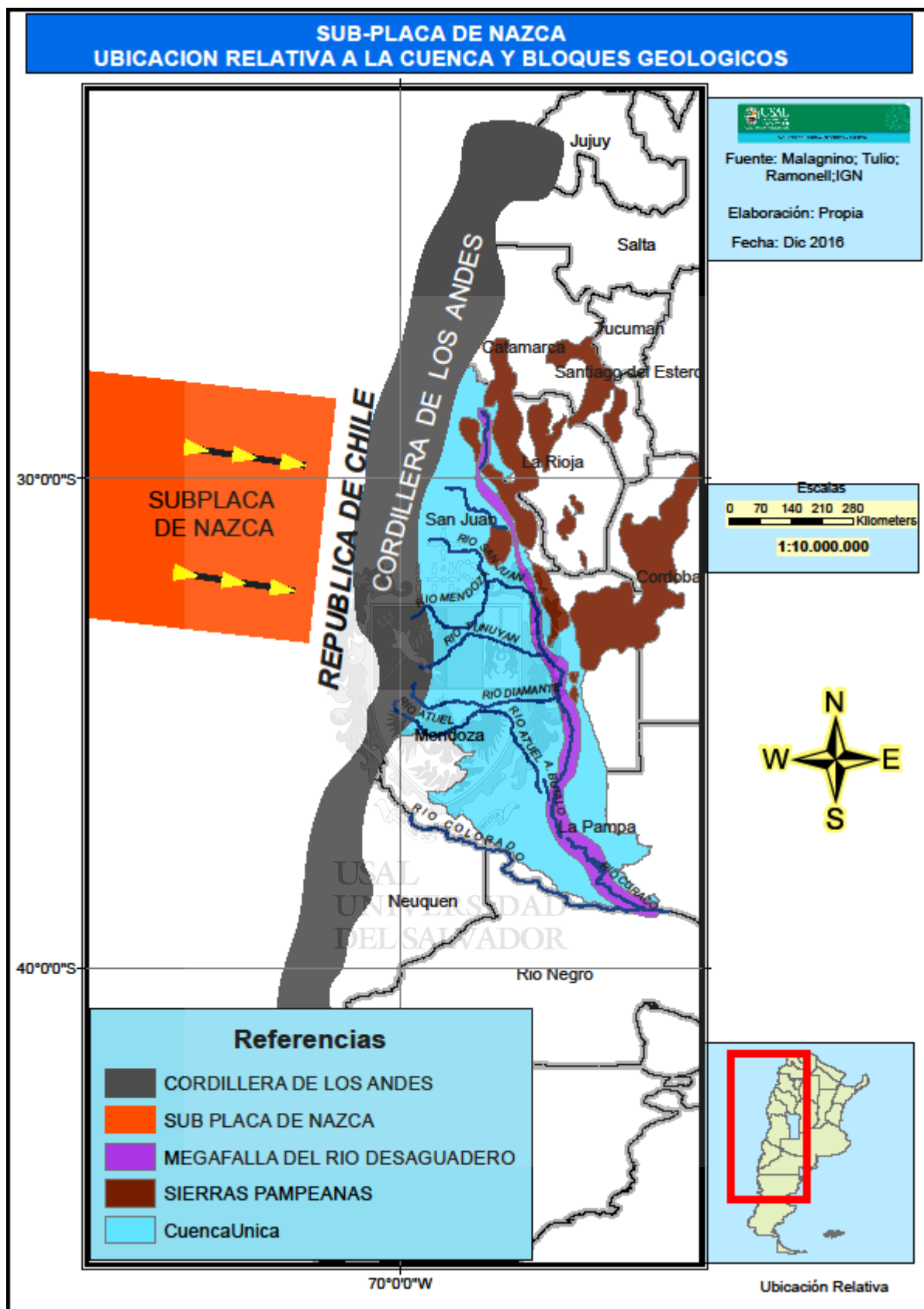
<sup>2</sup> Proceso de hundimiento de una placa litosférica bajo otra en un límite convergente

<sup>3</sup> Elevaciones submarinas que poseen un surco central donde fluye la lava provocando movimientos a ambos lados de su estructura.

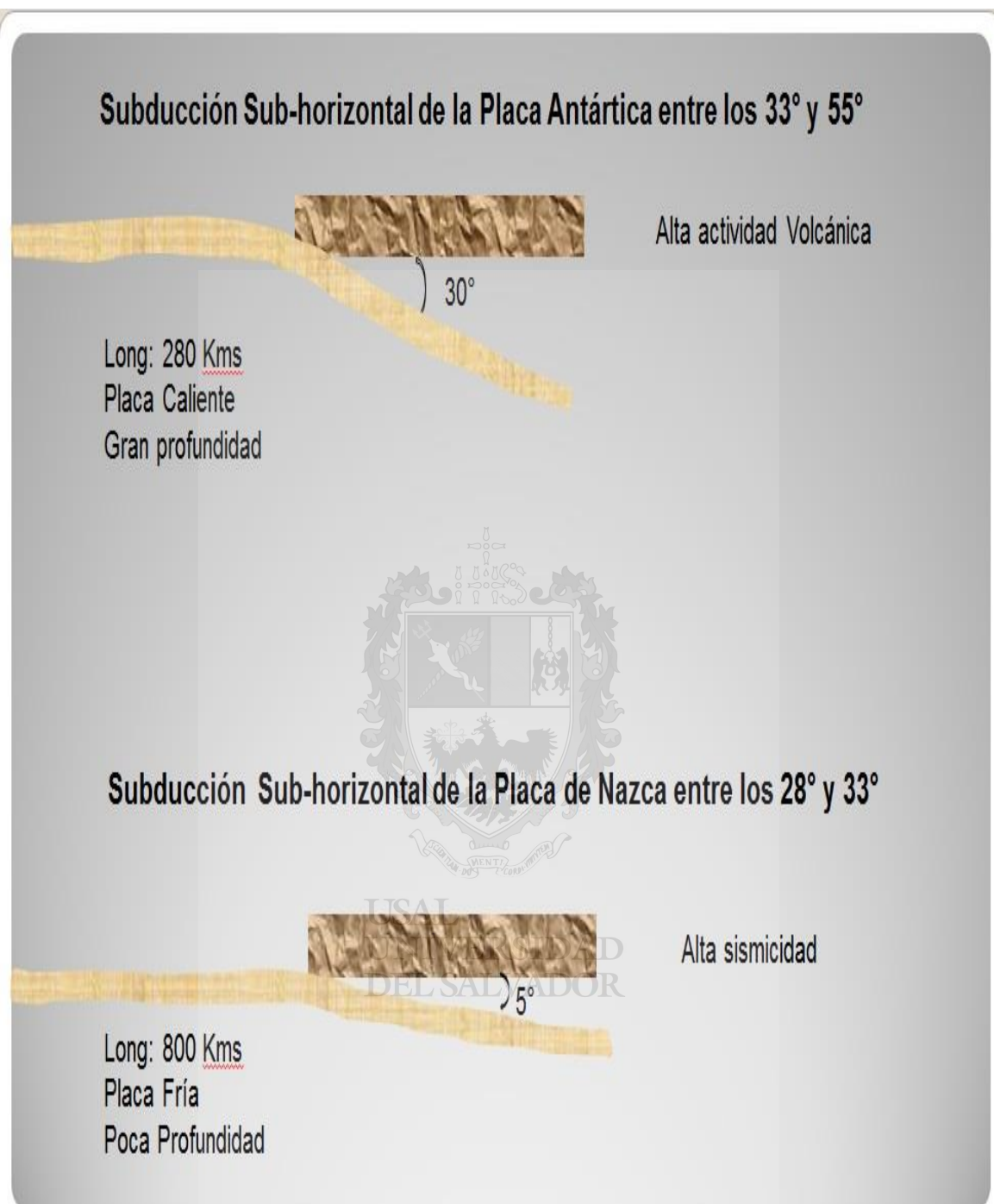
Las dorsales pueden ser de dos tipos: dorsales sísmicas y dorsales oceánicas. Las primeras son cordilleras submarinas de muy baja a inexistente actividad de lava; mientras que las segundas manifiestan una actividad intensa. Son dorsales sísmicas las de Nazca, Juan Fernández y Carmegie mientras que la dorsal de Chile es considerada dorsal oceánica. (R.Stern, 2002)

Estos movimientos de la corteza terrestre exponiéndose a través de la tectónica de placas determinan una diferencia que incide en la geomorfología de la cuenca que nos ocupa. Diferencia que dará a los ríos que la integran un impedimento más a los efectos de alcanzar el Océano Atlántico.

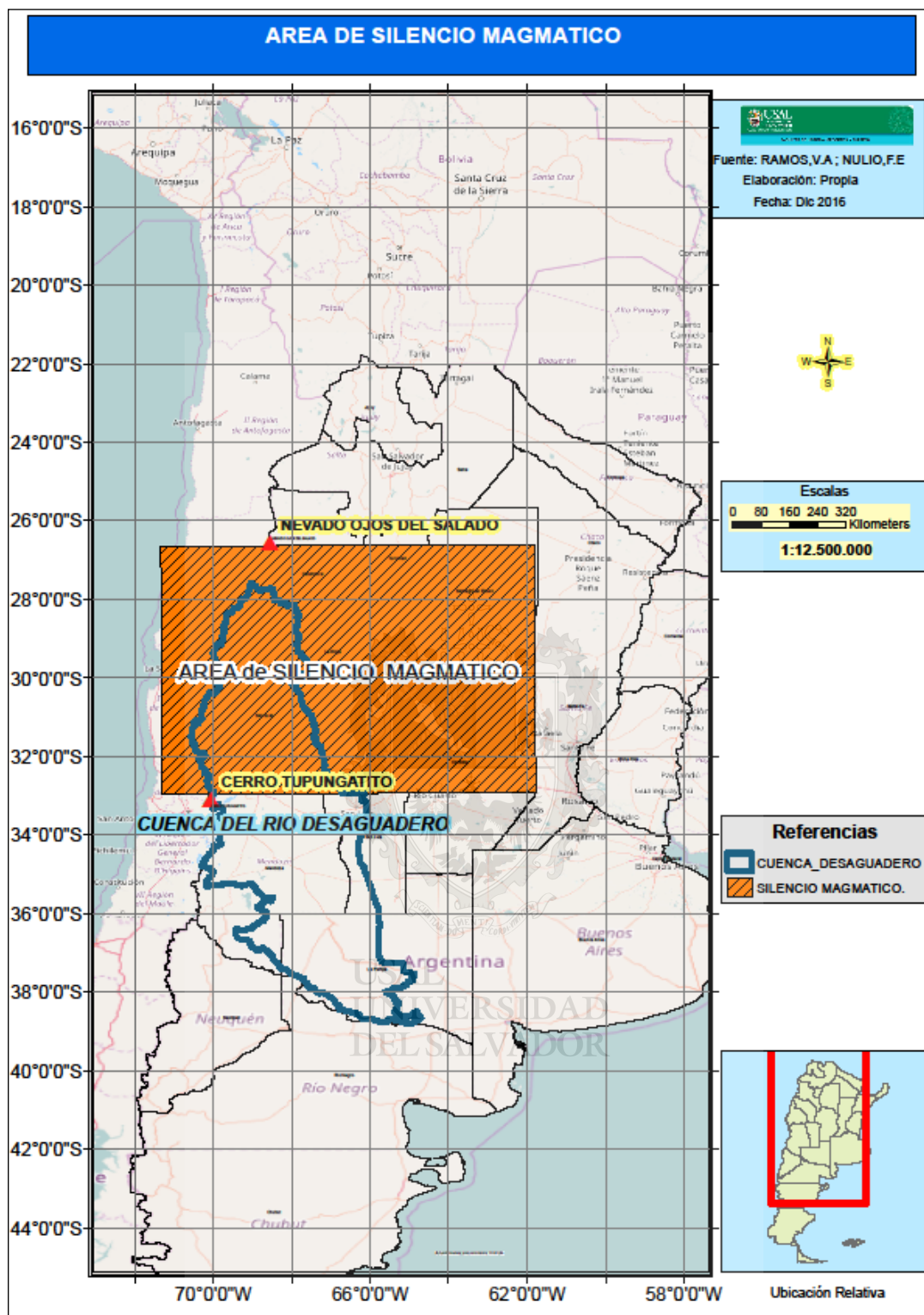




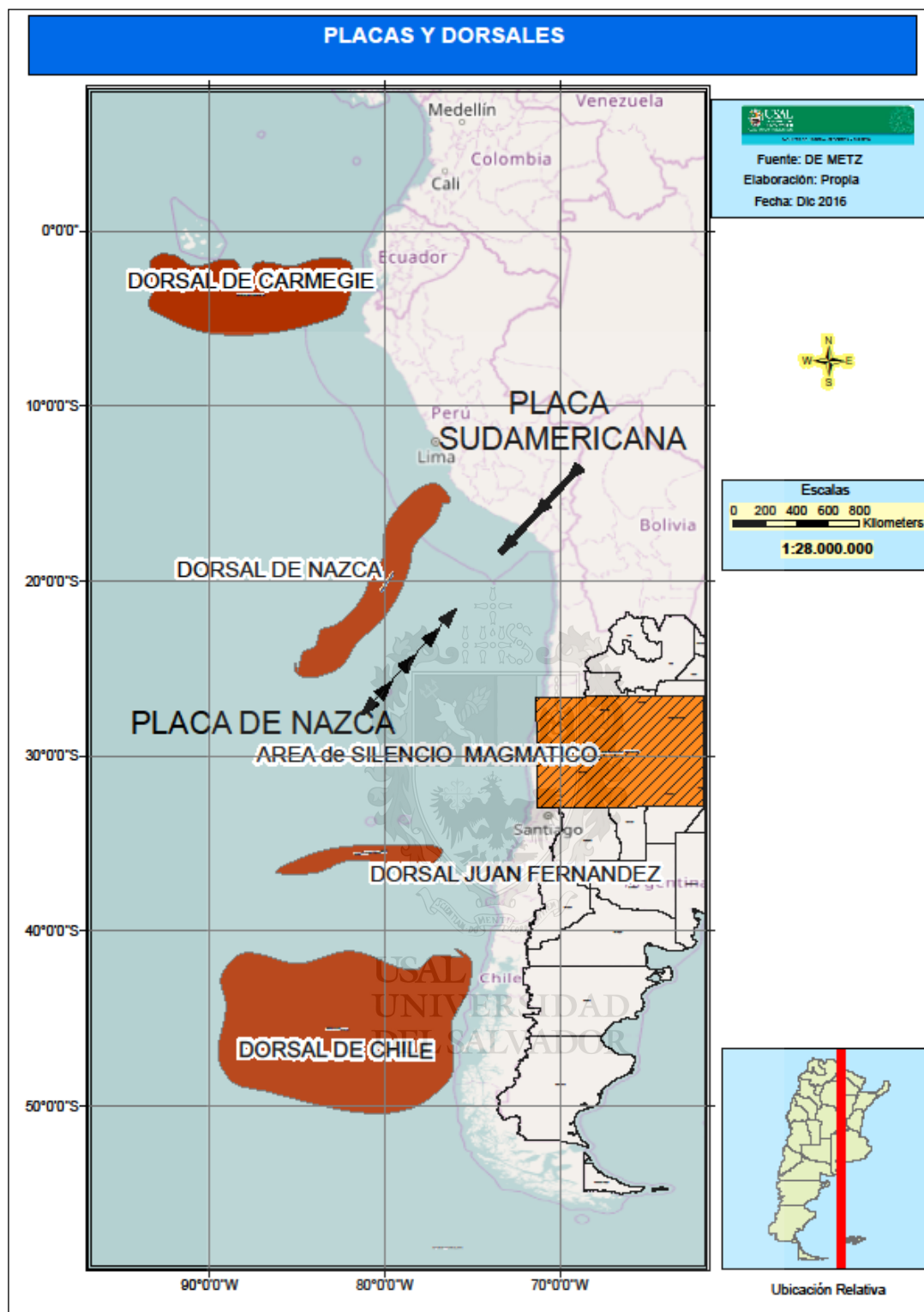
**Mapa 1.3.1.1:** Sub-placa de Nazca ubicada entre los 28° y 32° de latitud Sur. Cordillera de Los Andes, megafalla del río Desaguadero y bloque de las sierras Pampeanas.



**Cuadro.1.3.1.2:** Esquema de sismicidad y vulcanismo asociados a los tipos de subducción de la placa de Nazca. La sub-placa de Nazca que comprende la misma franja de latitud que la cuenca del río Desaguadero lo hace en un ángulo de entre 5° y 7°.



**Mapa1.3.1.3:** El área de “silencio magmático” se extiende entre los cerros Ojos del Salado, al norte, hasta el cerro Tupungatito al sur. Ocupa todo el norte de la cuenca del río Desaguadero y se prolonga hasta las llanuras del este.



**Mapa 1.3.1.4:** En la placa de Nazca se encuentran “dorsales” o elevaciones que separan placas y subplacas, sitios de gran actividad sísmica situadas en el Océano Pacífico. Entre ellas puede observarse el “área de silencio magmático” que coincide con la cuenca norte del río Desaguadero.

### 1.3.2 Las formaciones Geológicas y su dinámica.

La geología de la cuenca del río Desaguadero muestra registros de todas las eras. (Mapa 1.3.2.1). A los efectos de situar cronológicamente esos cambios graficaremos los períodos, épocas, piso y antigüedad de la era Cenozoica. Esta Era es la de mejor conocimiento y mayores antecedentes probatorios de las variaciones que modificaron la cuenca del río Desaguadero. (Cuadro 1.3.2.2)

ERA	PERÍODO	ÉPOCA	PISO	EDAD AÑOS
CENOZOICA	CUATERNARIO	HOLOCENO	PLATENSE QUERANDINO	10.000
			LUJANENSE BONAERENSE	20.000
		PLEISTOCENO	BELGRANENSE ENSENADENSE	780.000
			MARPLATENSE PUELCHENSE	1.800.000
			CHAPALMADENSE MONTEHERMOSENSE	3.300.000 5.300.000
			PARANÁ HUEQUERIENSE OLIVOS	11.000.000
	NEÓGENO	PLIOCENO		
		MIOCENO		
		OLIGOCENO		37.000.000
	PALEÓGENO	EOCENO		55.000.000
		PALEOCENO		65.000.000

**Cuadro 1.3.2.2:** Períodos, épocas, pisos y edad dentro de la era Cenozoica